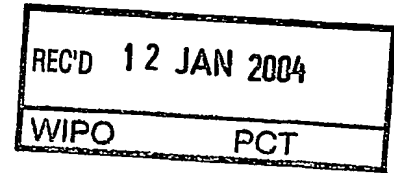


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

101/OK 03/00863

3



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 61 760.0

Anmeldetag: 19. Dezember 2002

Anmelder/Inhaber: Danfoss Compressors GmbH, Flensburg/DE

Bezeichnung: Rotor für einen Elektromotor

IPC: H 02 K 1/22

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 1. April 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Handwritten signature: Faust

Faust

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Gleiss & Große

Patentanwälte · Rechtsanwälte
European Patent Attorneys
European Trademark Attorneys

Intellectual Property Law
Technology Law

Leitzstraße 45
D-70469 Stuttgart
Telefon: +49 (0)711 99 3 11-0
Telefax: +49 (0)711 99 3 11-200
E-Mail: office@gleiss-grosse.com
Homepage: www.gleiss-grosse.com

Dr. jur. Alf-Olav Gleiss · Dipl.-Ing. · PA
Rainer Große · Dipl.-Ing. · PA
Dr. Andreas Schrell · Dipl.-Biol. · PA
Torsten Armin Krüger · RA
Nils Heide · RA
Armin Eugen Stockinger · RA
Georg Brisch · Dipl.-Ing. · PA
Erik Graf v. Baudissin · RA

PA: Patentanwalt · European Patent Attorney
European Trademark Attorney
RA: Rechtsanwalt · Attorney-at-law · Admitted for
Representation at the EU-Trademark Office (OHIM), Alicante

In cooperation with
Shanghai Zhi Xin Patent Agency Ltd.
Shanghai · China

Patentanmeldung

Rotor für einen Elektromotor

Danfoss Compressors GmbH

D-24939 FLENSBURG

Beschreibung

- Die Erfindung betrifft einen Rotor für einen Elektromotor, insbesondere einen Line-Start-Elektromotor, mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahme-
5 räumen für Leiterstäbe und in axialer Richtung verlaufenden Aufnahmeräumen für Permanentmagnete, die so ausgebildet und angeordnet sind, dass sie ein Permanentmagnetfeld mit einer Magnetachse und einer Neutralachse erzeugen.
- 10 Als Line-Start-Elektromotoren werden Hybrid-Drehstrommotoren bezeichnet, die eine Kombination eines Drehstromasynchronmotors mit einem Drehstromsynchronmotor darstellen. Ein solcher Line-Start-Elektromotor umfasst einen Stator, der auch als Ständer
15 bezeichnet wird, mit mehreren Stator- oder Ständerwicklungen. Die Ständerwicklungen erzeugen ein Drehfeld, das in einem Läufer oder Rotor eine Spannung erzeugt, durch die der Rotor in Drehung versetzt wird. Der Rotor eines Line-Start-Elektromotors hat sowohl Merkmale des Rotors eines Dreh-
20 stromasynchronmotors als auch Merkmale des Rotors eines Drehstromsynchronmotors. Line-Start-Motoren können auch für einphasige Netzversorgung ausgelegt werden, eventuell mit Betriebskondensator.
- 25 In dem Rotor eines Drehstromasynchronmotors, der auch als Induktionsmotor bezeichnet wird, sind Leiterstäbe zum Beispiel aus Aluminium oder Kupfer im Wesentlichen in axialer Richtung angeordnet. An den Stirnseiten des Rotors können die Leiterstäbe durch
30 Kurzschlussringe verbunden sein. Die Leiterstäbe

bilden zusammen mit den Kurzschlussringen die Läuferwicklung und können die Form eines Käfigs haben, weshalb ein solcher Rotor auch als Käfigläufer bezeichnet werden kann. In Betrieb bewirkt das Drehfeld der Statorwicklung eine Flussänderung in den
5 Leiterschleifen des zunächst stillstehenden Rotors. Die Flussänderungsgeschwindigkeit ist proportional der Drehfelddrehzahl. Die induzierte Spannung lässt Strom in den durch die Kurzschlussringe verbundenen
10 Rotorleiterstäben fließen. Das durch den Rotorstrom erzeugte Magnetfeld bewirkt ein Drehmoment, das den Rotor in Drehrichtung des Statordrehfelds dreht. Wenn der Rotor die Drehzahl des Statordrehfelds erreichen würde, dann wäre die Flussänderung in der
15 betrachteten Leiterschleife Null und damit auch das die Drehung bewirkende Drehmoment. Die Rotordrehzahl ist daher bei Drehstromasynchronmotoren stets kleiner als die Drehfelddrehzahl. Der Rotor läuft also nicht mechanisch synchron mit der Drehfelddrehzahl.
20

In dem Rotor eines Drehstromsynchronmotors können zum Beispiel Permanentmagnete angeordnet sein, die im Betrieb ein magnetisches Rotordrehfeld erzeugen. Wenn die Statorwicklung mit Drehstrom versorgt
25 wird, werden die Pole des Rotors durch die Gegenpole des Statordrehfelds angezogen und kurz darauf von dessen gleichartigen Polen abgestoßen. Der Rotor kann in Folge seiner Massenträgheit nicht sofort der Statordrehzahl folgen. Wenn der Rotor aber
30 annähernd die Drehzahl des Statordrehfelds erreicht hat, dann wird der Rotor sozusagen in die Statordrehfelddrehzahl hineingezogen und läuft mit dieser weiter. Das heißt, nach dem Anlaufen des Ro-

tors dreht sich dieser synchron mit der Statordrehfeldfrequenz.

Der Rotor eines Line-Start-Elektromotors umfasst sowohl Permanentmagnete als auch Leiterstäbe. Die
5 Leiterstäbe bilden eine Anlaufhilfe für den Rotor. Wenn annähernd die Drehzahl des Statordrehfelds erreicht worden ist, dann entfalten die Permanentmagnete ihre Wirkung. Der Line-Start-Elektromotor verbindet also die guten Anlaufeigenschaften eines
10 Asynchronmotors, also das große Anlaufmoment, mit dem hohen Wirkungsgrad des Synchronmotors. Beim Anlaufen des Motors entfalten die Leiterstäbe ihre Wirkung, wohingegen die Dauermagnete beim Anlaufen des Motors eigentlich nur eine störende Rolle haben.
15 Während des synchronen Betriebs, zum Beispiel bei 50 Hz oder 3000 U/min., entfalten dagegen die Dauermagnete ihre Wirkung, wohingegen die Leiterstäbe dann nicht mehr zur Erzeugung des Drehmoments beitragen, da im Synchronbetrieb in den Leiterstäben
20 keine Spannung induziert wird.

Das im Betrieb des Line-Start-Elektromotors in einem Luftspalt zwischen Rotor und Stator existierende magnetische Feld umfasst zwei Komponenten. Die erste Komponente des resultierenden Felds wird
25 von den Statorwicklungen bewirkt. Dies wird auch als Drehfeld bezeichnet. Die zweite Komponente des resultierenden Felds wird von den Permanentmagneten bewirkt, die auch als Dauermagneten bezeichnet werden können. In Betrieb von herkömmlichen Line-
30 Start-Elektromotoren, wie sie zum Beispiel aus der WO 01/06624A1 bekannt sind, können Drehmoment-schwankungen auftreten, die unerwünscht sind.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, einen Rotor gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1, insbesondere für einen Elektromotor gemäß Oberbegriff des Anspruchs 8, zu schaffen, der das Magnetfeld während synchronen Betriebs annähernd sinusförmig macht.

Die Aufgabe ist bei einem Rotor für einen Elektromotor, insbesondere einen Line-Start-Elektromotor, mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahmeräumen für Leiterstäbe und mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahmeräumen für Permanentmagnete, die so ausgebildet und angeordnet sind, dass sie ein Permanentmagnetfeld mit einer Magnetachse und einer Neutralachse erzeugen, dadurch gelöst, dass der Durchmesser des Rotors entlang der Magnetachse größer ist als entlang der Neutralachse. Der Rotor weist also einen kreisförmigen Querschnitt auf, dessen Dicke entlang der Magnetachse etwas größer ist als entlang der Neutralachse. Die unterschiedlich großen Rotordurchmesser beziehungsweise Rotordicken führen dazu, dass der Abstand zwischen dem äußeren Umfang des Rotors und einem den Rotor umgebenden Stator, der einen Aufnahmeraum für den Rotor mit einem kreisförmigen Querschnitt aufweist, nicht mehr konstant ist wie bei herkömmlichen Elektromotoren. Durch die erfindungsgemäße Ausbildung des Rotors variiert der Abstand zwischen dem äußeren Umfang des Rotors und dem Stator in Abhängigkeit von dem Drehwinkel des Rotors. Demzufolge ist der Luftspalt zwischen dem Rotor und dem Stator entlang der Neutralachse am größten und entlang der Magnetachse am kleinsten. Durch die Variation der Größe des Luftspalts zwischen Rotor und Stator wird, während des synchronen Betriebs des Elektromotors, ein

nahezu sinusförmiger Verlauf der elektrischen Feldstärke des von dem Permanentmagneten erzeugten Magnetfelds über den Drehwinkel des Rotors erreicht. Dadurch werden die Oberflächenverluste im Rotor reduziert. Das Anlaufdrehmoment und das Kippdrehmoment sind bei dem erfindungsgemäßen Rotor beziehungsweise Elektromotor größer als bei herkömmlichen Line-Start-Elektromotoren.

Es hat sich weiter im Vergleich zwischen einem konventionellen Line-Start-Motor und dem erfinderischen Line-Start-Motor gezeigt, dass ein nicht kreisförmiger Rotor eine größere magnetische Flussdichte im Rotor erhält als ein konventioneller Rotor. Konkret hat dies zur Folge, dass die Amplitude des magnetischen Grundtons erhöht wird und somit zu einem größeren Drehmoment beiträgt. Dies bedeutet wiederum, dass die Menge von verbrauchtem Magnetmaterial eingespart werden kann.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser des Rotors entlang der Magnetachse maximal 2 mm größer ist als entlang der Neutralachse. Das bedeutet, dass die Rotordicke entlang der Magnetachse etwas größer ist als entlang der Neutralachse. Der Querschnitt des Rotors ist also nicht mehr kreisförmig, sondern leicht oval. Der angegebene Grenzwert von 2 mm bezieht sich auf einen Rotordurchmesser von etwa 60 mm. Bei im Rahmen der vorliegenden Erfindung durchgeführten Versuchen wurde herausgefunden, dass bei größeren Durchmesserunterschieden beziehungsweise Dickenunterschieden die Funktion des Ro-

tors beziehungsweise des Elektromotors beeinträchtigt wird.

- Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser des Rotors entlang der Magnetachse 0,5 bis 1 mm größer ist als entlang der Neutralachse. Bei im Rahmen der vorliegenden Erfindung durchgeführten Versuchen wurden mit diesen Werten die besten Ergebnisse erzielt.
- 10 Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor im Querschnitt die Form einer Ellipse aufweist, deren Hauptachse mit der Magnetachse und deren Nebenachse mit der Neutralachse zusammenfällt.
- 15 Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel ist dadurch gekennzeichnet, dass die Aufnahmeräume für die Permanentmagneten so gekrümmt ausgebildet und um die Drehachse des Rotors herum angeordnet sind, dass der Abstand zwischen den Aufnahmeräumen für die Permanentmagneten und den Aufnahmeräumen für die Leiterstäbe, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, im Bereich der Magnetachse größer als im Bereich der Neutralachse ist. Dadurch wird ausreichend Raum für die Feldlinien des von dem Stator erzeugten Magnetfeldes geschaffen.
- 20
- 25
- Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass die Aufnahmeräume für die Permanentmagnete, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, die Gestalt von Bögen aufweisen, die in Form einer Ellipse angeordnet
- 30

sind, deren Hauptachse mit der Neutralachse und deren Nebenachse mit der Magnetachse zusammenfällt. Diese Anordnung hat sich bezüglich der Verteilung der Magnetfeldlinien im Betrieb der erfindungsgemäßen Vorrichtung als besonders vorteilhaft erwiesen.

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Rotors ist dadurch gekennzeichnet, dass die Permanentmagnete stabförmig sind und im Wesentlichen zwei Halbkreise um ein Durchgangsloch im Rotor bilden. Hierdurch kann eine kostengünstige Herstellung erreicht werden, denn Stabmagnete sind billiger als gekrümmte Magnete.

Bei einem Elektromotor, insbesondere einem Line-Start-Elektromotor, mit einem Stator, der eine Vielzahl von Wicklungen und einem Rotoraufnahmeraum mit einem insbesondere kreisförmigen Querschnitt aufweist, ist die oben angegebene Aufgabe dadurch gelöst, dass ein vorab beschriebener Rotor drehbar in dem Rotoraufnahmeraum aufgenommen ist. Der erfindungsgemäße Rotor führt aufgrund des annähernd sinusförmigen Verlaufs der magnetischen Feldstärke des Permanentmagnetfelds über dem Rotordrehwinkel zu einem höheren Wirkungsgrad des erfindungsgemäßen Elektromotors.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnung verschiedene Ausführungsbeispiele im Einzelnen beschrieben sind. Es zeigen:

- Figur 1 die Darstellung eines Querschnitts durch einen Elektromotor gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung mit gekrümmten Permanentmagneten;
- 5 Figur 2 die Darstellung eines Rotors im Querschnitt gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung mit geraden Permanentmagneten;
- 10 Figur 3 ein Diagramm, in dem der Verlauf der magnetischen Feldstärke B über den Drehwinkel des Rotors aufgetragen ist;
- 15 Figur 4 die Darstellung eines Rotors im Querschnitt gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung mit geraden Permanentmagneten;
- Figur 5 die Darstellung eines Rotors im Querschnitt gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung mit gekrümmten Permanentmagneten und
- 20 Figur 6 ein Diagramm, in welchem der Verlauf des Drehmoments über der Rotordrehzahl aufgetragen ist.

25 In Figur 1 ist ein Rotoraufnahmeraum 1 des Stators durch einen Kreis schematisch im Querschnitt dargestellt. In dem Rotoraufnahmeraum 1 ist ein Rotor 2 drehbar aufgenommen. Der Rotor 2 hat einen ellipsenförmigen Querschnitt. In der Nähe des äußeren Umfangs des Rotors 2 sind Aufnahmeräume 4, 5, 6 gleichmäßig über den Umfang des Rotors 2 verteilt

angeordnet. Die Aufnahmeräume 4, 5 und 6 für Leiterstäbe haben jeweils einen kreisförmigen Querschnitt. Radial innerhalb der Aufnahmeräume 4 bis 6 für Leiterstäbe sind zwei Aufnahmeräume 10 und 11 für Permanentmagneten angeordnet. Die Aufnahmeräume 10 und 11 für Permanentmagnete erstrecken sich, ebenso wie die Aufnahmeräume 4 bis 6 für Leiterstäbe, in axialer Richtung des im Wesentlichen kreiszylinderförmigen Rotors 2. Die Aufnahmeräume 10 und 11 für Permanentmagnete sind um die Drehachse des Rotors herum gekrümmt angeordnet und ausgebildet. Die Aufnahmeräume 10 und 11 haben die Gestalt von Bögen, die in Form einer Ellipse angeordnet sind.

Im Zentrum weist der Rotor ein zentrales Durchgangsloch 17 auf, das zur Aufnahme einer Welle dient, die drehfest mit dem Rotor 2 verbunden werden kann. Über die (nicht dargestellte) Welle kann das von dem Elektromotor erzeugte Drehmoment abgegeben werden.

In den Aufnahmeräumen 10 und 11 sind Permanentmagnete 14 und 15 aufgenommen, die ein Permanentfeld erzeugen. Das von den Permanentmagneten 14 und 15 erzeugte magnetische Feld ist in Figur 1 durch Magnetfeldlinien 20, 21 angedeutet. Das von den Permanentmagneten 14 und 15 erzeugte Permanentmagnetfeld weist eine Magnetachse 22 und eine Neutralachse 23 auf. Entlang der Magnetachse 22 ist die Magnetfeldstärke am größten. Entlang der Neutralachse 23 ist die Magnetfeldstärke des Permanentmagnetfelds gleich null.

Der Rotor 2 hat entlang der Magnetachse 22 eine größere Dicke als entlang der Neutralachse 23. Demzufolge hat der Rotor 2 an seinem äußeren Umfang die Gestalt einer Ellipse, deren Hauptachse mit der
5 Magnetachse 22 und deren Nebenachse mit der Neutralachse 23 zusammenfällt. Die von den Aufnahmeräumen 10 und 11 für die Permanentmagneten 14 und 15 gebildete Ellipse ist senkrecht zu der den äußeren Umfang des Rotors 2 bildenden Ellipse angeordnet. Die Hauptachse der von den Aufnahmeräumen 10
10 und 11 gebildeten Ellipse fällt mit der Neutralachse 23 zusammen. Die Nebenachse der von den Aufnahmeräumen 10 und 11 gebildeten Ellipse fällt mit der Magnetachse 22 zusammen.

15 Die Verwendung eines Rotors, der in Richtung der Magnetachse 22 der Permanentmagneten 14 und 15 einen größeren Durchmesser beziehungsweise eine größere Dicke aufweist als in Richtung der Neutralachse 23, führt dazu, dass der Abstand zwischen dem
20 Rotor 2 und dem Rotoraufnahmeraum 1 des Stators variiert, das heißt, der zwischen Rotor 2 und dem Rotoraufnahmeraum 1 des Stators ausgebildete Luftspalt ist variabel. Der Luftspalt ist am kleinsten entlang der Magnetachse 22 und am größten entlang
25 der Neutralachse 23.

Bei der in Figur 1 dargestellten Ausführungsform füllen die Permanentmagnete 14 und 15 nicht den gesamten Querschnitt der Aufnahmeräume 10 und 11 aus. Die leeren beziehungsweise mit Luft gefüllten Teile
30 der Aufnahmeräume 10 und 11 erzeugen kein Magnetfeld, was an dem Verlauf der Magnetfeldlinien 20, 21 zu erkennen ist. Der Abstand zwischen den Mag-

netfeldlinien in dem Luftspalt zwischen dem Rotor 2 und dem Rotoraufnahmeraum 1 des Stators ist ein Maß für die elektrische Feldstärke. Aus Figur 1 ist ersichtlich, dass die Magnetfeldstärke dort am größten ist, wo der Rotor 2 ganz nahe an dem Rotoraufnahmeraum 1 des Stators angeordnet ist. Rechts und links der Magnetachse 22 wird das von den Permanentmagneten 14 und 15 erzeugte Magnetfeld schwächer, was erwünscht ist. Dadurch wird erreicht, dass die magnetische Feldstärke in dem Luftspalt zwischen dem Rotor 2 und dem Rotoraufnahmeraum 1 des Stators in Abhängigkeit vom Drehwinkel des Rotors an eine Sinusform angenähert wird.

In Figur 2 ist ein Rotor 25 im Querschnitt dargestellt, der im Bereich der Neutralachse 26 des Permanentmagnetfelds eine Dicke 60,34 mm und im Bereich der Magnetachse 24 des Permanentmagnetfelds eine Dicke von 61,3 mm aufweist.

Der in Figur 2 dargestellte Rotor umfasst Aufnahmeräume für Leiterstäbe, deren Querschnitt nicht kreisförmig ist. Der in Figur 2 dargestellte Querschnitt der Aufnahmeräume 27 und 28 für Leiterstäbe hat sich bei im Rahmen der vorliegenden Erfindung durchgeführten Versuchen als vorteilhaft erwiesen.

Radial innerhalb der Aufnahmeräume 27 und 28 für die Leiterstäbe sind Aufnahmeräume 30, 31 und 32 für Permanentmagnete angeordnet. Die Aufnahmeräume 30 bis 32 sind nicht gekrümmt, sondern gerade und haben jeweils die Form eines länglichen Rechtecks. Aufnahmeräume 30', 31' und 32' sind, bezogen auf die Neutralachse 26, symmetrisch zu den Aufnahme-

räumen 30, 31 und 32 angeordnet. Die Aufnahmeräume 30, 31, 32 und 30', 31', 32' sind paarweise parallel so angeordnet, dass ein Abstand C zwischen einer Durchgangsbohrung 34 für eine Welle und dem Aufnahme-
5 Aufnahme-raum 31 beziehungsweise 31' gegeben ist.

In Figur 3 ist der Verlauf der magnetischen Feldstärke B über dem Drehwinkel θ aufgetragen. Bei herkömmlichen Line-Start-Elektromotoren ergibt sich oft ein eckiger Verlauf, der nicht ideal ist. Ideal wäre ein sinusförmiger Verlauf. Durch die erfindungsgemäße Ausbildung wird, wie insbesondere in den Bereichen 50 bis 53 und 60 bis 68 zu sehen ist, eine Annäherung an den idealen sinusförmigen Verlauf erreicht. Der in Figur 3 dargestellte sinusförmige Verlauf wird allerdings nur während des synchronen Betriebs des Line-Start-Elektromotors erreicht, nicht aber beim Starten des Line-Start-Elektromotors, wenn der Rotor asynchron anläuft. In der Anlaufphase bewirkt die nicht-kreisförmige Gestalt des Rotors, dass das Anlaufmoment ansteigt, aber der Wirkungsgrad ein wenig abnimmt. Da die Anlaufphase aber vergleichsweise klein ist, wird dieser Nachteil in Kauf genommen.
10
15
20

In Figur 4 ist ein Rotor 35 gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung im Querschnitt dargestellt. Der Rotor 35 ähnelt dem in Figur 2 dargestellten Rotor 25. Zur Bezeichnung gleicher Teile werden in Figur 4 um zehn vermehrte Bezugszeichen verwendet. Allerdings ist bei dem in Figur 4 dargestellten Rotor 35 der Abstand C zwischen der Durchgangsbohrung 44 und dem Aufnahme-
25
30 Aufnahme-raum 41' kleiner als bei der in Figur 2 dargestellten Ausführungs-

form. Dadurch ergibt sich zwischen dem Aufnahme-
raum 41' und dem radial außen angeordneten Aufnahme-
raum 45 für einen Leiterstab ein größerer Abstand, was
sich im Betrieb als vorteilhaft erwiesen hat.

- 5 In Figur 5 ist ein Rotor 2' im Querschnitt darge-
stellt, der dem in Figur 1 dargestellten Rotor 2
ähnelt. Allerdings sind die Aufnahme-räume 10' und
11' vollständig mit Permanentmagneten 14' und 15'
ausgefüllt. Außerdem sind in Figur 5 Magnetfeldli-
10 nien 50, 51 des von den Statorwicklungen (nicht
dargestellt) erzeugten Magnetfelds eingezeichnet.
Die Magnetachse des von den Statorwicklungen er-
zeugten Magnetfelds ist mit 54 bezeichnet. Senk-
recht dazu verläuft die Magnetachse 52 des von den
15 Permanentmagneten 14' und 15' erzeugten Permanent-
magnetfelds. Die Krümmungsradien der Permanentmag-
nete 14' und 15' sind im Bereich der Schnittpunkte
mit der Magnetachse 52 deutlich größer als an den
Enden der Permanentmagnete. Daraus ergibt sich,
20 dass der Abstand F zwischen dem Durchgang 17 und
den Permanentmagneten 14', 15' deutlich größer ist
als der Abstand G.

- In Figur 6 ist der Verlauf des Drehmoments in New-
tonmeter über der Drehzahl in Umdrehungen pro Mi-
25 nute aufgetragen. Mit 61 ist der Verlauf des Dreh-
moments eines Line-Start-Elektromotors mit Anlauf-
kondensator und einem erfindungsgemäßen Rotor be-
zeichnet. Im Vergleich dazu ist mit 62 der Drehmo-
mentverlauf eines konventionellen Line-Start-Elek-
30 tromotors mit Anlaufkondensator dargestellt. In Fi-
gur 6 sieht man, dass das Anlaufmoment des erfin-

dungsgemäßen Elektromotors 61 höher ist als bei dem herkömmlichen Line-Start-Elektromotor 62.

- 5 Mit 63 ist in Figur 6 der Verlauf des Drehmoments eines gewöhnlichen Asynchronmotors ohne Startkondensator mit einem nicht kreisförmigen Rotor bezeichnet. Im Vergleich dazu ist mit 64 der Drehmomentverlauf eines herkömmlichen Asynchronmotors ohne Startkondensator bezeichnet. Wie man in Figur 6 sieht, tritt das Kippmoment K bei einem nicht
- 10 kreisförmigen Rotor bei einer niedrigeren Drehzahl auf als bei einem herkömmlichen Rotor. Die Kurven der Figur 6 würden mit Line-Start-Motoren ungefähr die gleiche Form haben, nur würden sie eine größere Welligkeit aufweisen.
- 15 Die Erhöhung des Anlassdrehmoments beziehungsweise des Kippmoments ist auf die erfindungsgemäße Vergrößerung des Luftspalts im Bereich der Neutralachse zurückzuführen. Der größere Luftspalt führt dazu, dass die Impedanz des Elektromotors abgesenkt
- 20 wird, wodurch der Motor einen größeren Strom aufnimmt und damit das Drehmoment erhöht wird. Das Absenken der Motorimpedanz ist darauf zurückzuführen, dass das von dem Stator erzeugte Magnetfeld einem größeren Luftvolumen ausgesetzt wird, wodurch das
- 25 System einen größeren Ohm'schen Anteil aufweist und dadurch schneller wird. Die Reaktanz wird kleiner und der Ohm'sche Anteil R bekommt ein, relativ betrachtet, größeres Gewicht. Der Wirkungsgrad fällt, aber das Drehmoment steigt, da die kleinere Reak-
- 30 tanz den Stromanstieg weniger stark abbremst. Der Strom steigt bei dem erfindungsgemäßen Line-Start-Elektromotor schneller, was zu einem größeren Dreh-

moment führt als bei herkömmlichen Line Start Elektromotoren.

Das Blechpaket des Rotors kann aus verschiedenen Blechlaminaten bestehen, zum Beispiel einem ersten Laminat und einem zweiten Laminat. Die Laminatfolge kann so sein: erstes Laminat, zweites Laminat, erstes Laminat, das heißt, der Rotor ist in drei Sektionen aufgeteilt. Das zweite Laminat bildet eine Übergangszone. Die Übergangszone dient dazu, eine sogenannte Nutschrägung zu erreichen, das heißt, dass ein Leiterstab in einem ersten Ende des Rotors im Vergleich zu dem Leiterstab im anderen Ende des Rotors versetzt ist. Die Versetzung, zum Beispiel zwischen 10 und 20 mechanischen Grad, wird in der Übergangszone erreicht, indem der Leiterstab nicht parallel mit der Drehachse des Rotors läuft, sondern zu dieser seitlich verschrägt. Durch die Nutschrägung werden die Amplitude von im Drehfeld störenden magnetischen Harmonischen erwünscht stark reduziert. Die Übergangszone besteht aus zum Beispiel 10 bis 20 Blechlaminaten, deren Aufnahme­räume zueinander versetzt sind.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Line-Start-Elektromotors ist darin zu sehen, dass die Verluste an der Oberfläche des Rotors geringer sind als bei herkömmlichen Line-Start-Elektromotoren. Normalerweise umfasst das magnetische Feld im Luftspalt mehrere harmonische Frequenzen, die Verluste im Motor verursachen. Dabei handelt es sich um sogenannte zig-zag-Verluste, die an der Oberfläche des Rotors auftreten. Der größere Luftspalt an

einigen Stellen zwischen dem Rotor und dem Stator
führt dazu, dass diese Verluste reduziert werden.

Ansprüche

1. Rotor für einen Elektromotor, insbesondere einen Line-Start-Elektromotor, mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahmeräumen (4 bis 6;27,28) für
5 Leiterstäbe und mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahmeräumen (10,11;30 bis 32) für Permanentmagnete (14,15), die so ausgebildet und angeordnet sind, dass sie ein Permanentmagnetfeld mit einer Magnetachse (22) und einer Neutralachse (23) erzeugen,
10 **dadurch gekennzeichnet**, dass der Durchmesser des Rotors entlang der Magnetachse (22) größer ist als entlang der Neutralachse (23).
2. Rotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Durchmesser des Rotors entlang der Magnetachse (22) maximal 2 mm größer ist als entlang der
15 Neutralachse (23).
3. Rotor nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Durchmesser des Rotors entlang der Magnetachse (22) 0,5 bis 1 mm größer ist als entlang der
20 Neutralachse (23).
4. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rotor im Querschnitt die Form einer Ellipse aufweist, deren Hauptachse mit der Magnetachse (22) und deren
25 Nebenachse mit der Neutralachse (23) zusammenfällt.
5. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aufnahmeräume (10,11) für die Permanentmagnete (14,15) so gekrümmt ausgebildet und um die Drehachse des Rotors

herum angeordnet sind, dass der Abstand zwischen den Aufnahmeräumen für Permanentmagneten und den Aufnahmeräumen für die Leiterstäbe, im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, im Bereich der Magnetachse (22) größer als im Bereich der Neutralachse ist.

6. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aufnahmeräume (10,11) für die Permanentmagneten (14,15) im Querschnitt durch den Rotor betrachtet, die Gestalt von Bögen aufweisen, die in Form einer Ellipse angeordnet sind, deren Hauptachse mit der Neutralachse (23) und deren Nebenachse mit der Magnetachse (22) zusammenfällt.

7. Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Permanentmagnete (30,31,32) stabförmig sind und im Wesentlichen zwei Halbkreise um ein Durchgangsloch (34) im Rotor bilden.

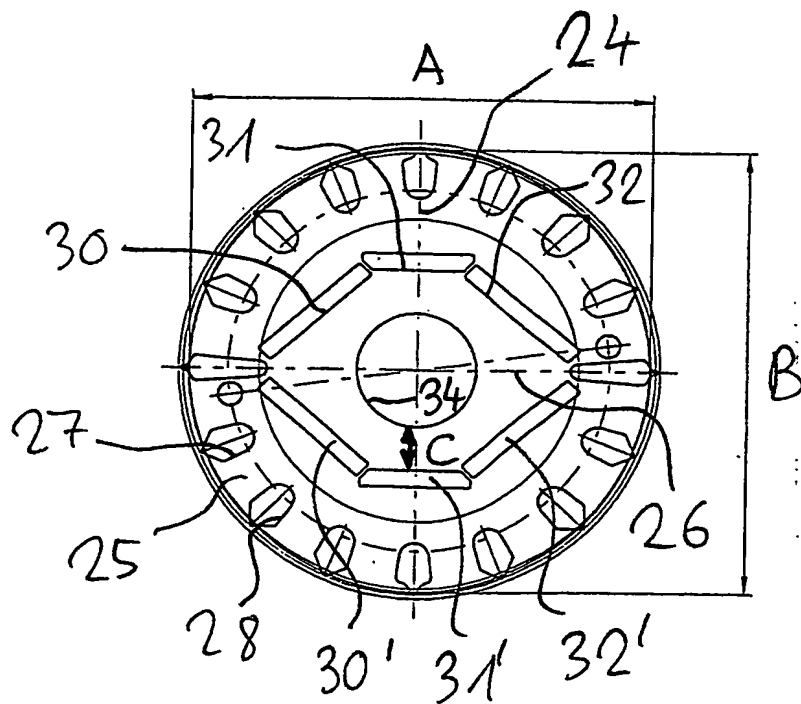
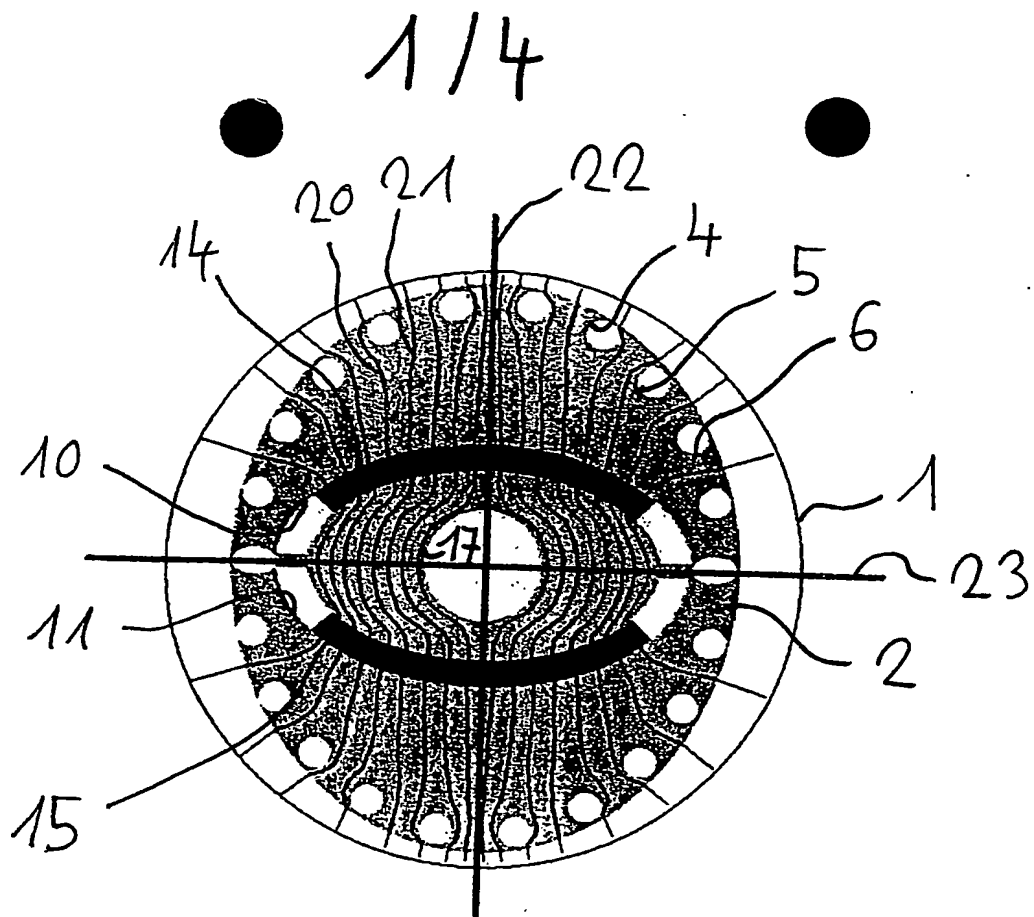
8. Elektromotor, insbesondere Line-Start-Elektromotor, mit einem Stator, der eine Vielzahl von Wicklungen und einen Rotoraufnahmeraum (1) mit einem insbesondere kreisförmigen Querschnitt aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Rotor (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche drehbar in dem Rotoraufnahmeraum (1) aufgenommen ist.

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen Rotor für einen Elektromotor, insbesondere einen Line-Start-Elektromotor, mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahme­räumen (4-6) für Leiterstäbe und mit in axialer Richtung verlaufenden Aufnahme­räumen (10,11) für Permanentmagnete (14,15), die so ausgebildet und angeordnet sind, dass sie ein Permanentmagnetfeld mit einer Magnetachse (22) und einer Neutralachse (23) erzeugen.

Um einen möglichst gleichmäßigen Lauf des Rotors im Betrieb des Elektromotors zu gewährleisten, ist der Durchmesser des Rotors entlang der Magnetachse (22) größer ist als entlang der Neutralachse (23).

(Figur 1)



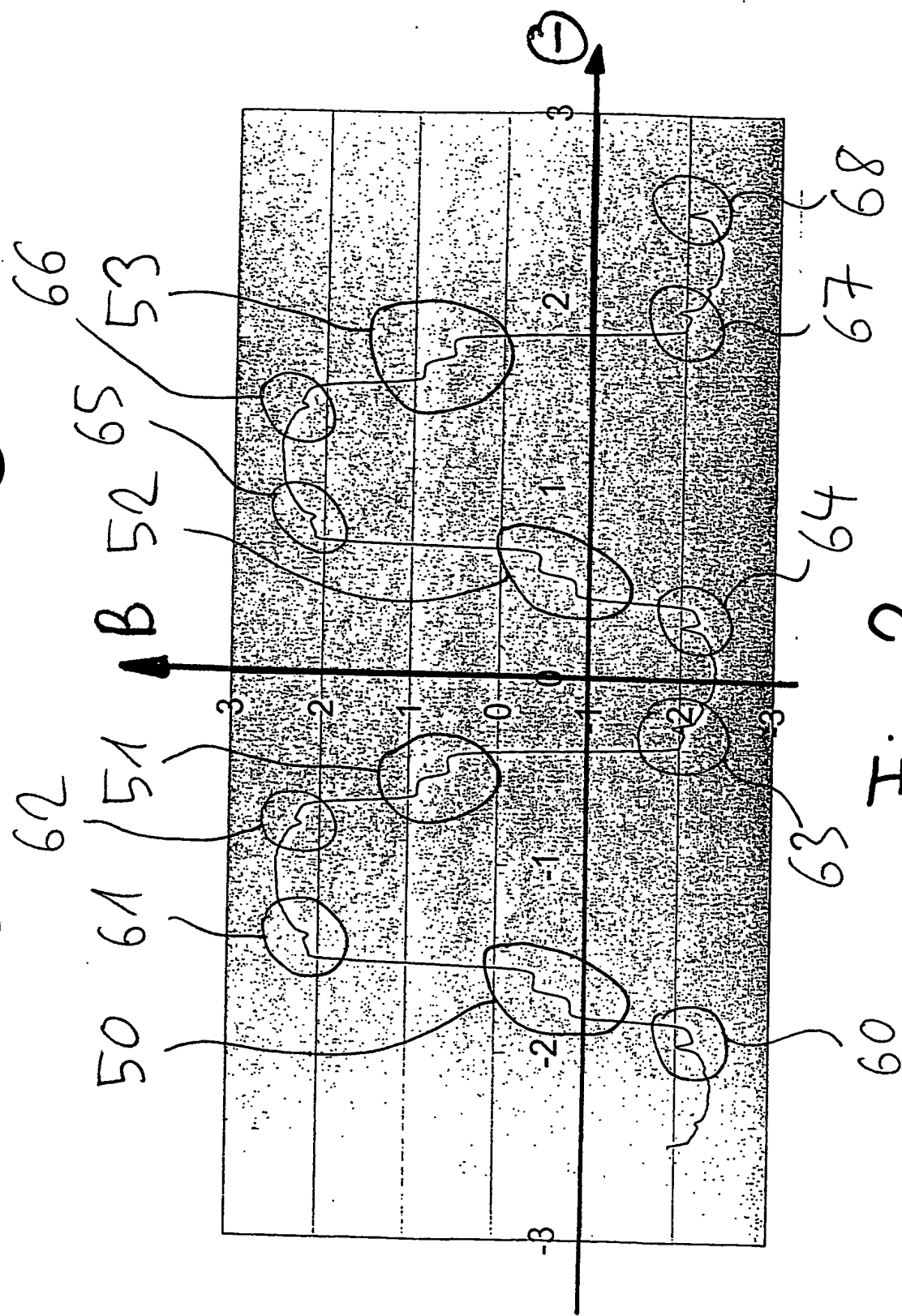


Fig. 3

3/4

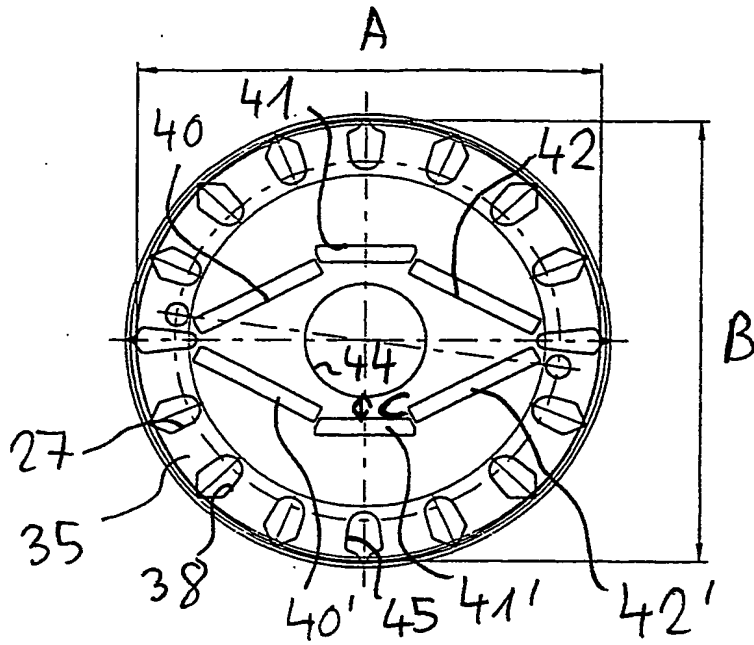


Fig. 4

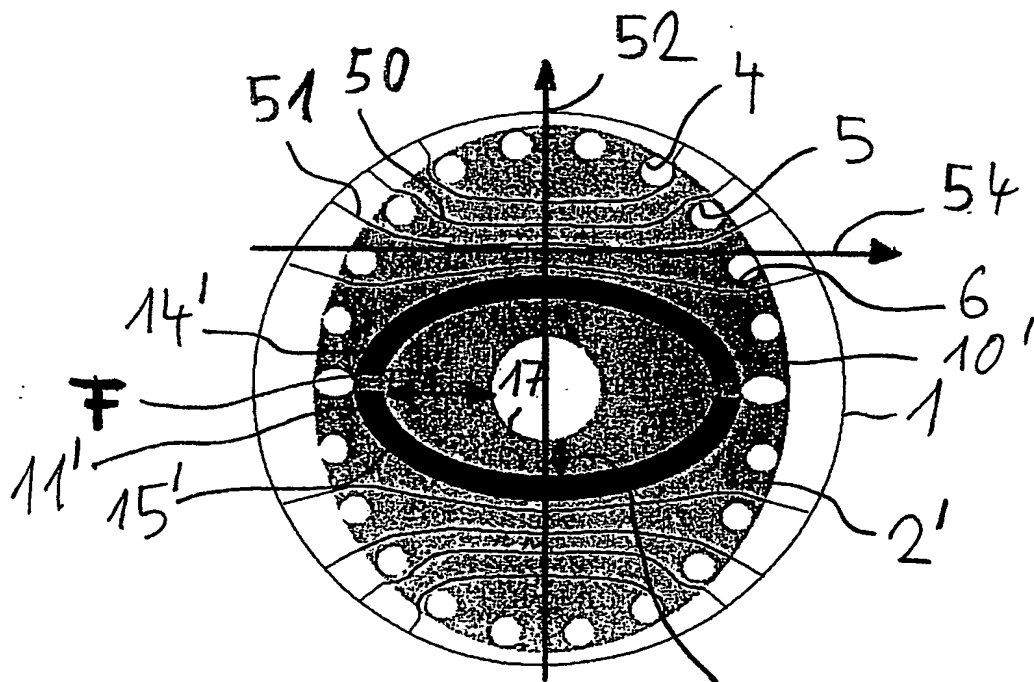


Fig. 5 G

4/4

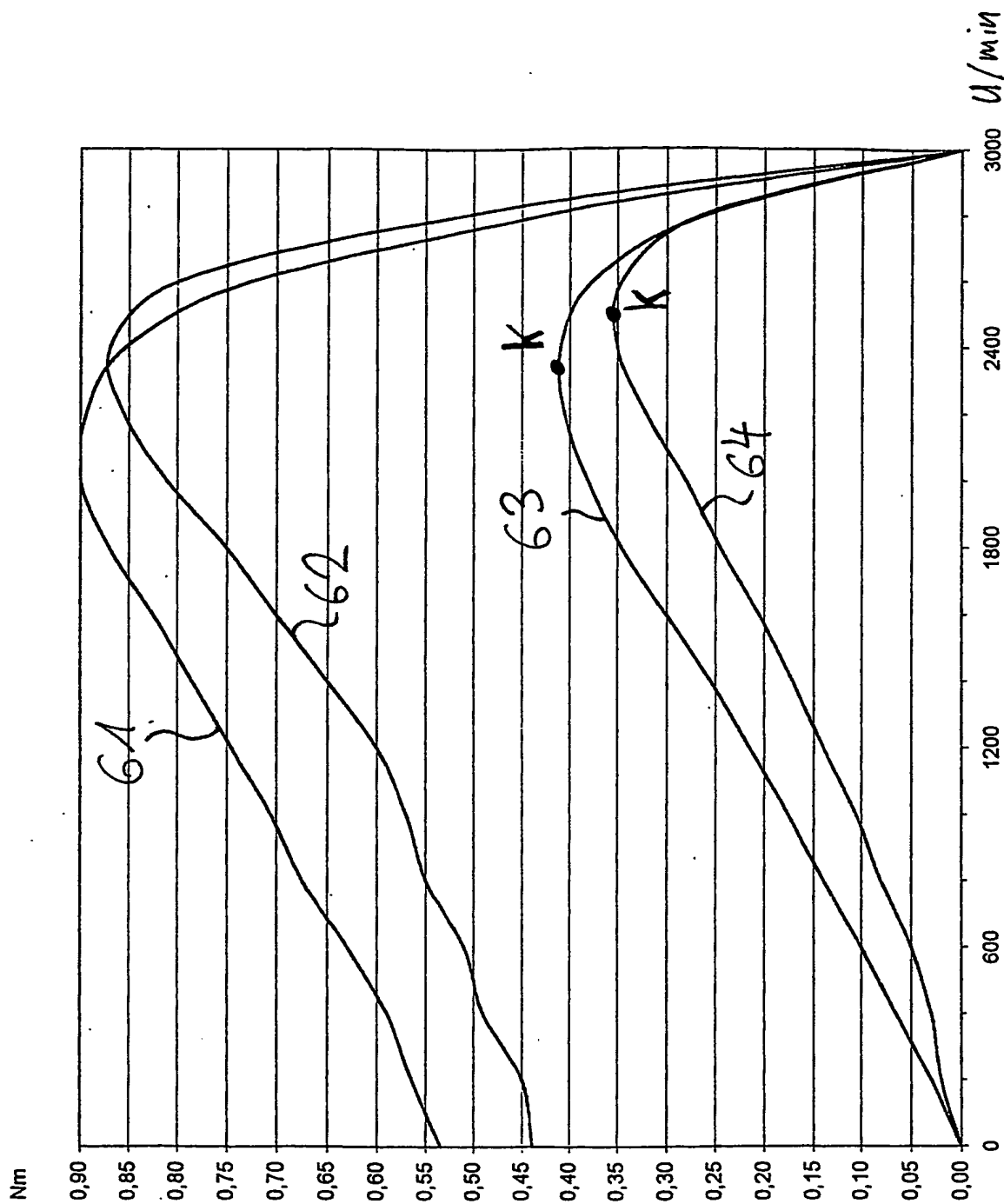


Fig. 6

17 988